

УДК 656.073.28

Є. В. Нагорний, О. О. Шуліка

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

## ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДОСТАВКИ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ПРОДУКЦІЇ В РЕГІОНАЛЬНОМУ СПОЛУЧЕННІ

У статті розглянуто питання підвищення ефективності доставки целюлозно-паперової продукції в регіональному сполученні за рахунок вибору раціональної технології доставки. Запропонована методика дозволяє оцінити вплив транспортно-технологічної схеми доставки целюлозно-паперової продукції автомобільним транспортом на сумарні витрати на доставку вантажу в регіональному сполученні та обрати раціональну технологію доставки з урахуванням логістичних принципів.

**Ключові слова:** целюлозно-паперова продукція, доставка, технологія, регіональне сполучення, автомобільний транспорт.

### Вступ

Сучасний стан перевезень вантажів відрізняється необхідністю комплексного логістичного підходу до їх організації і планування. Непроста економічна ситуація в Україні вимагає від підприємств автомобільного транспорту підвищеної уваги при вирішенні питань організації і управління автомобільними перевезеннями. Поряд з тим, необхідно відмітити повільний вихід із кризи української промисловості, яка в 2016-2017 роках показує набагато кращі результати, ніж в 2015 році [1]. Збільшення індексу целюлозно-паперової продукції (табл. 1) свідчить про збільшення обсягів виробництва даного виду продукції, що пов'язано з підвищенням її конкурентоспроможності в порівнянні з аналогічною імпоротною продукцією, та про збільшення попиту на організацію доставки целюлозно-паперової продукції (ЦПП) у регіональному сполученні.

Таблиця 1

Індекс целюлозно-паперової продукції (у відсотках до попереднього року)

Вид діяльності	Рік		
	2015	2016	2017
Виробництво паперу та паперових виробів	82,8	99,4	107,8
Виробництво паперової маси, паперу та картону	90,6	100,6	111,2
Виготовлення виробів з паперу та картону	81,5	99,2	107,1

В даний час більшість виробників активно приймає участь в розробці способів доставки своєї продукції кінцевим споживачам або узгоджує їх з регіональними дистриб'юторами, так як від

ефективності здійснення доставки залежить конкурентоспроможність компанії

Недостатність обігових коштів для придбання нового рухомого складу і історично сформовані транспортно-технологічні схеми доставки не забезпечують оптимальні витрати коштів і часу на регіональні перевезення вантажів, тому підвищення ефективності доставки ЦПП автомобільним транспортом у регіональному сполученні можна досягнути за рахунок вибору раціональної технології доставки целюлозно-паперової продукції.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання підвищення ефективності доставки вантажів у регіональному сполученні розглянуто в роботах таких вчених, таких як Д. Бауерсокс, О. В. Вельможин, А. І. Воркут, Л. Б. Міротін, Є. В. Нагорний, В. С. Наумов, В. М. Нефьодов, Н. В. Потаман, А. О. Чеботаєв, Н. Ю. Шраменко та інш.

Актуальні проблеми організації міжміських перевезень вантажів автомобільним транспортом, які відносяться до регіональних, безпосередньо пов'язані з особливостями їх організації [2], і в першу чергу з використанням складних технологій доставки, отже питання обґрунтування раціональної технології для заданих умов експлуатації викликає великий інтерес як науковців, так і підприємств, що працюють на ринку регіональних перевезень.

На практиці, для регіонального сполучення при доставці ЦПП найбільш характерними є дві основні схеми доставки целюлозно-паперової продукції: пряма доставка та доставка з залученням терміналу.

Перша схема є спрощеною, відсутні витрати на проведення перевантаження вантажу з одного транспорту на інший, спрощуються операції з

оформлення документів, супроводу вантажу, збільшується швидкість доставки вантажу.

При другій схемі доставки вантаж два рази, а іноді і частіше потрапляє на транспорт. Кілька разів виконуються вантажні операції з одним і тим же вантажем, виникає повторність перевезень. Це може бути причинами зайвих збитків, псування товару і збільшення витрат на його збереження і транспортування. Однак, використання терміналів вигідно при великих вантажопотоках дрібних відправок вантажів [3].

Перевезення паперу - найпростіша в плані організації доставки серед існуючих товарних груп [4], тому на ефективність доставки ЦПП головним чином має вплив обрана транспортно-технологічна схема доставки (ТТСД). Це доводить актуальність обраного напрямку дослідження для підприємств, що працюють на ринку перевезення ЦПП у регіональному сполученні.

**Метою роботи** є підвищення ефективності доставки вантажів в регіональному сполученні за рахунок вибору раціональної транспортно-технологічної схеми доставки ЦПП на прикладі ПАТ «Роганська картонна фабрика».

Для досягнення поставленої мети необхідно провести теоретичні та експериментальні дослідження в області підвищення ефективності перевезення ЦПП в регіональному сполученні; проаналізувати отримані результати і розробити практичні рекомендації щодо вибору варіантів технології доставки ЦПП в регіональному сполученні.

### Виклад основного матеріалу

Для вибору раціональної ТТСД целюлозно-паперової продукції в регіональному сполученні в якості критерію ефективності прийняті приведені сумарні витрати на доставку ЦПП. Зниження витрат досягається за рахунок вибору раціональної ТТСД.

Об'єктом дослідження у даній роботі є процес доставки ЦПП в регіональному сполученні, предмет дослідження - вплив транспортно-технологічної схеми доставки целюлозно-паперової продукції на сумарні витрати по доставці ЦПП в регіональному сполученні. Враховуючи результати досліджень, наведені у роботах [5-7], у якості вхідних визначені наступні параметри: обсяг партії вантажу ( $Q$ , т), відстань доставки ( $l_0$ , км) і площа території обслуговування ( $F$ , км<sup>2</sup>). Вихідним показником є приведені сумарні витрати з доставки вантажу в регіональному сполученні ( $B$ , грн/т). Факторами, які впливають на об'єкт ( $\{z\}$ ), є умови експлуатації, технічний стан транспортних засобів та вантажних механізмів, технічна швидкість ( $V_m$ , км), річний попит на ЦПП ( $Q_p$ , т). Схематичне зображення об'єкту дослідження наведено на рис. 1.

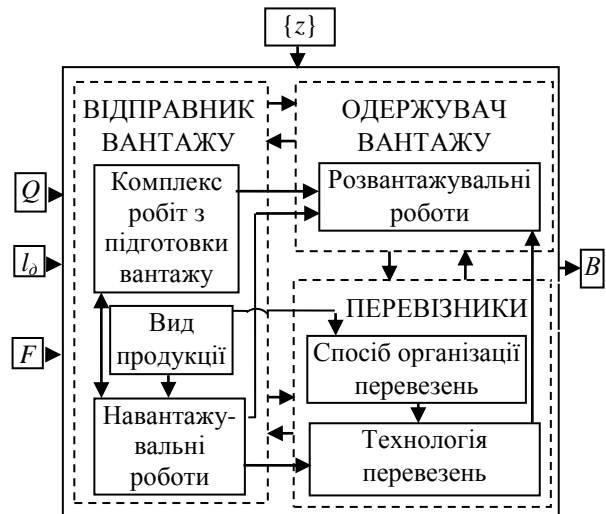


Рис.1. Схематичне зображення об'єкту дослідження

Цільова функція має наступний вид:

$$B(Q, l_0, F) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Для оцінки впливу транспортно-технологічної схеми доставки ЦПП на сумарні витрати по її доставці в регіональному сполученні було проведено дослідження потоку заявок на базі ПАТ «Роганська картонна фабрика». До розгляду приймалися заявки на доставку ЦПП по Україні з 01.02.2017 р. по 01.03.2017 р. На основі даних спостережень була отримана наступна система обмежень і припущень:

$$\begin{cases} 0,4 \leq \gamma_c \leq 1 \\ Q \leq q_n \\ 3,6 \leq Q, \tau \leq 25 \\ 100 \leq l_0, \text{ км} \leq 3000 \\ 0,5 \leq \beta \leq 1 \\ 153 \leq F, \text{ км}^2 \leq 24134 \end{cases}, \quad (2)$$

де  $\gamma_c$  – коефіцієнт використання вантажності;  
 $q_n$  – номінальна вантажність автомобіля, т;  
 $\beta$  – коефіцієнт використання пробігу.

Сумарні витрати на доставку вантажу включають витрати на транспортування, витрати на навантаження-розвантаження у відправників і одержувачів, витрати на переробку вантажу на терміналі, витрати на утримання складу, витрати на зберігання, витрати на заморожування капіталу.

В результаті декомпозиції цільової функції отримана наступна математична модель приведених сумарних витрат на доставку:

$$B = (a + \frac{Q_p}{Q} \cdot (l_d + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{F}) \cdot T + ((l_d + \frac{2}{3} \cdot \sqrt{F}) \cdot b \times \\ \times c + d + f \cdot \frac{l_d}{l_0}) \cdot \frac{Q_p}{Q} + (C_{нрр}^{1T} + C_{пв}^{1T} + \\ + C_{ут}^{1T} + C_{зб}^{1T-год} \cdot t_{зб}) \cdot Q + (\frac{1}{2} + \frac{R_c}{Q}) \cdot g \cdot t_d) \cdot \frac{1}{Q}, \quad (3)$$

де  $a, b, c, d, f, g$  – параметри моделі;

$Q_p$  – річний попит на ЦПП, т;

$l_{d0}$  – середня денна норма пробігу, км;

$T$  – тариф за перевезення, грн/т;

$C_{нрр}^{1T}, C_{пв}^{1T}, C_{ут}^{1T}$  – собівартість вантажних робіт,

робіт по підготовці вантажів, утримання терміналу та зберігання вантажів на терміналі, приведені до 1 т, відповідно, грн/т;

$C_{зб}^{1T-год}$  – собівартість 1 год. зберігання вантажів на терміналі, грн/(т·год.)

$t_d$  – час доставки, год.;

$R_c$  – страховий запас, т.

Визначення розподілу випадкової величини за статистичними даними здійснювалося для технічної швидкості та річного попиту на ЦПП за методикою [8,9]. В результаті досліджень було встановлено, що зміна значень технічної швидкості не суперечить нормальному закону розподілу випадкових величин, а річний попит – показниковому, що і було враховано в експериментальних дослідженнях. Інші параметри моделі є постійними, тому при проведенні досліджень не було необхідності визначати їх вплив на приведені сумарні витрати на доставку ЦПП.

Для виконання експериментальних досліджень шляхом моделювання вхідних параметрів проведено повнофакторний експеримент з метою визначення раціональної технології доставки ЦПП у регіональному сполученні. Так як з попередніх досліджень було встановлено нелінійний характер залежності критерію ефективності від параметрів моделі, було встановлено три рівні варіювання вхідних факторів (табл.2). Фрагмент матриці планування повного факторного експерименту наведений у табл.3.

Таблиця 2

Рівні варіювання вхідних факторів

Вхідний фактор	Рівень варіювання фактору		
	-1	0	+1
$X1 - Q, \text{ т}$	3,6	14,3	25
$X2 - l_d, \text{ км}$	100	1550	3000
$X3 - F, \text{ км}^2$	153	12142,5	24134

Таблиця 3

Фрагмент матриці планування повного факторного експерименту

Серія дослідів	Рівні варіювання вхідних факторів		
	$X1$	$X2$	$X3$
1	-	-	-
2	0	-	-
3	+	-	-
...	...	...	...
25	-	+	+
26	0	+	+
27	+	+	+

Проведений експеримент дозволив отримати сукупність даних, яка включає всі можливі поєднання рівнів варіювання вхідних факторів і значення приведених сумарних витрат, що їм відповідають, для двох схем доставки.

На наступному етапі виконано перетворення математичної моделі (3) шляхом підстановки чисельних значень постійних параметрів системи. Отримані після перетворення математичні моделі приведених сумарних витрат вирішуються методом січних. Можливість реалізації даного методу надають надбудови «Пошук рішення» в пакеті прикладних програм Microsoft Excel. Для знаходження коефіцієнтів регресії використовувався метод найменших квадратів [10]. З огляду на характер зміни приведених сумарних витрат на доставку ЦПП автомобільним транспортом у регіональному сполученні, у якості альтернативних прийняті показникова та ступенева функції, для яких за допомогою інструментарію регресійного аналізу були отримані коефіцієнти регресійних моделей.

В результаті проведених розрахунків на підставі більшого значення коефіцієнта детермінації для показової регресійної моделі було визначено, що більш адекватною є показникова функція.

Отже, регресійна модель приведених сумарних витрат на доставку ЦПП у регіональному сполученні для першої ТТСД (пряма доставка):

$$B = 927,85 \cdot 0,975^Q \cdot 0,943^{l_d} \cdot 1,011^F, \quad (4)$$

а для другої ТТСД (через термінал) наступна:

$$B = 1019,73 \cdot 0,98^Q \cdot 0,986^{l_d} \cdot 1,013^F. \quad (5)$$

Перевірка моделі на можливість її практичного застосування проводиться за критеріями точності, надійності і адекватності [10].

Точність моделі була оцінена значенням коефіцієнта кореляції та коефіцієнта детермінації, а надійність і адекватність – значенням критерію Фішера  $F$ . Результати розрахунків наведені в табл.4.

Таблиця 4  
Перевірка точності, надійності і адекватності моделі

Критерій	Критичне значення	Розрахункове значення	
		Для першої ТТСД	Для другої ТТСД
Коефіцієнт кореляції	$> 0,7$	0,87	0,97
Коефіцієнт детермінації	$> 0,5$	0,75	0,94
Критерій Фішера, $F$	$F > F_{табличн}$	217,27	94,46
Значимість критерія $F$	$< 0,05$	0,0053	0,00000245

Отримані результати свідчать про те, що регресійні моделі можна використовувати для визначення раціональної ТТСД.

Характер впливу зовнішніх факторів на функцію приведених сумарних витрат на всьому інтервалі досліджених значень є монотонним. Екстремум функції загальних приведених витрат знаходиться в межах інтервалу при розгляді кожного фактору окремо. Існує похибка функції приведених витрат в точці розбиття діапазону варіювання факторів, але вона незначна і не змінює характеру впливу. Це підтверджує правильність вибору видів апроксимуючих функцій.

Виділяються дві області залежності приведених сумарних витрат на доставку від вхідних параметрів ТТСД, які відрізняються різним ступенем впливу для першої схеми (рис. 2) та для другої схеми (рис. 3) доставки ЦПП. На даних рисунка *min* - мінімальні значення факторів, *mid* - середні значення факторів, *max* - максимальні значення факторів.

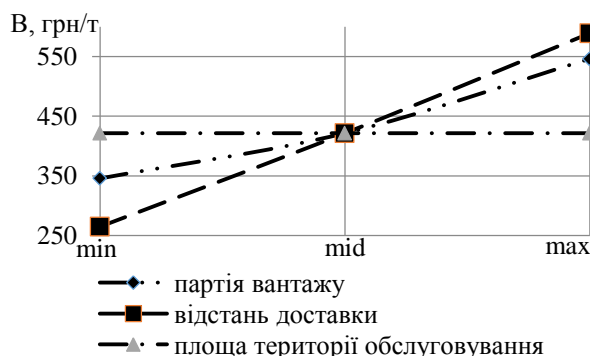


Рис.2. Графік залежності загальних витрат від параметрів для прямої схеми доставки вантажів

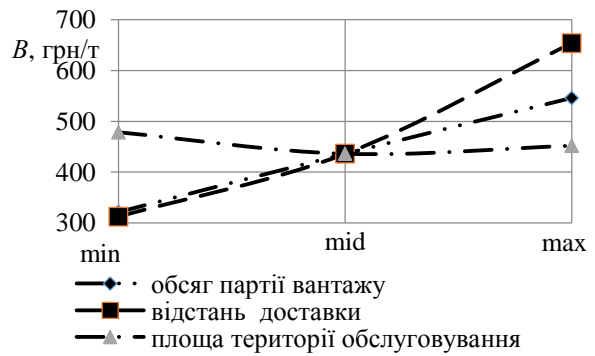


Рис.3. Графік залежності загальних витрат від параметрів для схеми доставки вантажів через термінал

Найбільший вплив за приведені витрати для першої і другої схем мають обсяг партії доставки і відстань доставки. На рис. 4 представлений графік залежності приведених сумарних витрат від обсягу партії вантажу.

Аналізуючи отримані результати, робимо висновок, що при партії вантажу менше 7,8 т раціональною є схема доставки через термінал, а понад 7,8 т - пряма схема доставки.

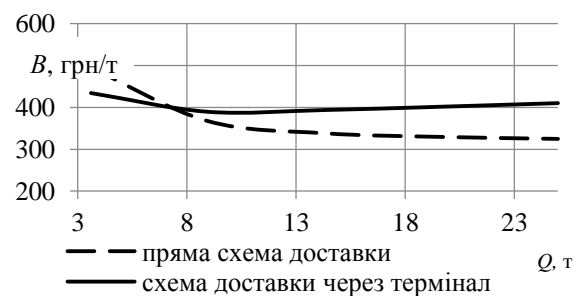


Рис.4. Графік залежності приведених сумарних витрат від обсягу партії вантажу

## Висновки

Для моделювання процесу доставки целюлозно-паперової продукції ПАТ «Роганська картонна фабрика» в регіональному сполученні в якості альтернативних були розглянуті дві транспортно-технологічні схеми доставки - пряма доставка від відправника до одержувача та доставка вантажів через термінал. Отримані в роботі регресійні моделі приведених сумарних витрат на доставку дозволять визначити раціональну технологію доставки для заданих умов експлуатації.

В результаті аналізу експериментальних досліджень було визначено, що при партіях вантажу менше 7,8 т раціональною є схема доставки через термінал, а понад 7,8 т - пряма схема доставки. Впровадження запропонованого підходу дозволить підприємству знизити доставку заданого вантажу у регіональному сполученні в середньому на 35,7 грн/т.



## Література

1. Індекси промислової продукції за видами діяльності за 2013-2017 роки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Нагорний, С. В. Комерційна робота на транспорті [Текст]: підручник / Є. В. Нагорний, Н. Ю. Шраменко. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 324 с.
3. Шраменко, Н.Ю. Теоретико-методологічні основи ефективного функціонування термінальних систем при доставці дрібнопартійних вантажів [Текст]: монографія / Н. Ю. Шраменко – Харків: ХНАДУ, 2010. – 156 с.
4. Неруш, Ю.М. Логістика [Текст]: 2-е изд., перераб. и доп. / Ю.М. Неруш. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 389 с.
5. Шуліка, О. О. Формування процесу доставки тарно-штучних вантажів автомобільним транспортом у міжміському сполученні [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.22.01 / О. О. Шуліка. – Харків, 2017. – 232 с.
6. Потаман, Н. В. Вибір раціональної кількості складів в ланцюгу постачання торгівельних вантажів автомобільним транспортом в міжрегіональному сполученні [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.01 / Н. В. Потаман. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 18 с.
7. Наумов, В. С. Основы повышения эффективности экспедиционного обслуживания на автомобильном транспорте [Текст]: монография / В. С. Наумов. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 144 с.
8. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.
9. Анисимов, А.П. Экономика, планирование и анализ деятельности автотранспортных предприятий [Текст] / А. П. Анисимов. – М.: Транспорт, 1998. – 245 с.
10. Галушко, В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте [Текст] / В. Г. Галушко. – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.
- <http://www.ukrstat.gov.ua>.
2. Nagorniy, Ye. V., Shramenko, N. Yu. (2010). Commercial work on transport. *Kharkiv National Automobile and Highway University*, 324.
3. Shramenko, N.Yu. (2010). Theoretical and methodological foundations of efficient functioning of terminal systems for the delivery of small lot cargo. *Kharkiv National Automobile and Highway University*, 156.
4. Nerush, Yu. M. (2001) Logistics: 2nd edition, revised and supplemented. *UNITY-DANA*, 389.
5. Shulika, O. O. (2017). Formation of packaged cargo delivery process in the intercity by road transport: *Thesis... cand. of tech. sciences: Spec. 05.22.01. Kharkiv National Automobile and Highway University*, 232.
6. Potaman, N. V. (2010). Choosing rational quantity of components in supply chain of trade cargoes by automobile transport in interregional communication: *Author's thesis... cand. of tech. sciences: spec. 05.22.01. Kharkiv National Automobile and Highway University*, 18.
7. Naumov, V. S. (2010). The fundamentals of increasing the efficiency of expeditionary service in road transport. *Kharkiv National Automobile and Highway University*, 144.
8. Gmurman, V.E. (2003). Theory of probability and mathematical statistics: *Educational resource for high school. High school*, 479.
9. Anisimov, A.P. (1998). Economics, planning and analysis of the activities of road transport enterprises. *Transport*, 245.
10. Galushko, V.G. (1976). Probability and statistical methods on motor transport. *High school*, 232.

**Автор:** НАГОРНИЙ Євген Васильович  
доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
E-mail – [s\\_olga\\_h@ukr.net](mailto:s_olga_h@ukr.net)

**Автор:** ШУЛІКА Ольга Олександрівна  
кандидат технічних наук, асистент кафедри  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
E-mail – [s\\_olga\\_h@ukr.net](mailto:s_olga_h@ukr.net)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1912-1115>

## References

1. Indices of industrial output by activity type for the years 2013-2017. Retrieved from

## THE CHOICE OF THE RATIONAL TECHNOLOGY FOR PULP AND PAPER PRODUCTS DELIVERY IN THE REGIONAL COMMUNICATION

Ye. V. Nagorniy, O.O.Shulika

Kharkov National Automobile and Highway University, Ukraine

The article deals with the problem of the efficiency pulp and paper products delivery process in the regional communication by road transport. Two transport and technological delivery schemes have been considered as alternative ones: direct delivery from the consignors to the consignee and cargo delivery scheme, which include a terminal to simulate the delivery process of pulp and paper products in the regional communication.

The cumulative total costs of the delivery process have been proposed as the criterion for determining the rational transport and technological delivery scheme. Functional dependence of cumulative total costs of pulp and paper products delivery on technological parameters for each transport and technological schemes of delivery system has been determined. It had the following order:

1. using regression analysis tools;
2. the formation of alternative hypotheses about the type of regression model;
3. determining of regression models coefficients to put forward alternative hypotheses;
4. adequacy evaluation of obtained regression models and the choose of the most appropriate one.

The results have showed the most appropriate values of exponential model for both logistic chain variants.

**Keywords:** pulp and paper products, delivery, technology, regional communication, road transport.